

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2964822号

(45)発行日 平成11年(1999)10月18日

(24)登録日 平成11年(1999)8月13日

(51)Int.Cl.⁴

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

請求項の数4(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平5-55074

(22)出願日 平成5年(1993)2月19日

(65)公開番号 特開平6-244458

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

審査請求日 平成8年(1996)4月2日

前置審査

(73)特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 田中 政信

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

審査官 杉山 輝和

(56)参考文献 特開 平4-163972 (J P, A)

特開 平4-10671 (J P, A)

特開 平4-10670 (J P, A)

特開 平2-254773 (J P, A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光ダイオードの製造方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の主面と第2の主面を有するサファイア基板と、該サファイア基板の第1の主面に積層された窒化ガリウム系化合物半導体層を有しかつ前記サファイア基板の第2の主面を発光観測面とする発光素子を備えた発光ダイオードの製造方法において、窒化ガリウム系化合物半導体層が形成されたウエハを、前記発光素子において前記サファイア基板の第2の主面と側面との成す角度が鋭角になるように、ダイシングで切断して個々の発光素子とする切断工程を含むことを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

【請求項2】 前記発光ダイオード製造方法はさらに、前記発光素子をリードフレーム上に載置し、該発光素子をサファイアより小さい屈折率を有する樹脂でモールドする工程を含む請求項1記載の発光ダイオードの製造方

2

法。

【請求項3】 前記第2の主面と前記側面との成す角度を、前記サファイア基板の屈折率を n_1 、前記樹脂の屈折率を n_2 としたときに、 $\{\pi/2 - \sin^{-1}(n_2/n_1)\}$ 以下になるように設定した請求項2記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項4】 前記切断工程において、刃先の中心線に対して両側に前記サファイア基板の下面と側面との成す角度に応じた傾斜を設けたブレードを用いてダイシングする請求項1～3のうちのいずれ1項に記載の発光ダイオードの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、透光性基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層された発光素子を有する発

光ダイオード（以下、LEDという。）に係り、特に該発光素子の細部の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、青色LEDの発光素子の材料として、GaN、InGaN、GaAlN、InAlGa
N等の窒化ガリウム系化合物半導体が知られている。これら窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子を有する従来の青色LEDの構造を図2に示す。1は透光性基板、2は透光性基板1上に積層された窒化ガリウム系化合物半導体（以下、本明細書においては、1と2とを
10 合わせて発光素子という。）3は窒化ガリウム系化合物半導体2上の適切な位置に設けられた電極、4は発光素子を載置するリードフレーム、5は発光素子全体を封止し、窒化ガリウム系化合物半導体2からの発光を集光する樹脂モールドである。透光性基板1の材料にはサファイア、酸化亜鉛、酸化マグネシウム等の酸化物系単結晶を使用することができ、一般的にはサファイアが用いられている。また樹脂モールド5には、エポキシ樹脂、ユ
リア樹脂等、耐候性に優れた透明樹脂が用いられる。この図に示すように、従来の青色LEDはそのほとんど
が、発光素子の端面が垂直になるようにチップ状にカットされ、透光性基板1側が上面、即ち発光観測面となるようにしてリードフレームに載置された構造を有している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この構造の発光素子において、例えば透光性基板1をサファイアとした場合、サファイア基板1の厚さは通常数百 μm ある。これに対し、窒化ガリウム系化合物半導体の厚さはせいぜい数 μm にしか過ぎず、窒化ガリウム系化合物半導体より放射
30 される全青色発光のうち、サファイア基板1の側面に達する光は、全体の約10～40％である。しかも、封止樹脂をエポキシ樹脂とした場合、サファイアの屈折率を約3とし、エポキシの屈折率を約1.5とすると、サファイアとエポキシ樹脂との境界での臨界角は約 30° となり、側面に入射する 30° 以下の光は、全てサファイア基板の側面から出て行ってしまい、有効利用されていない。

【0004】ところで、リードフレームの形状をカップ状として、そのカップの底に発光素子を載置して、側面
40 から出ていく光を、カップ側面で上部に反射させる方法もあるが、リードフレームをカップ形状にすると、透光性基板を上にして電極を下にするような構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子、つまり透光性基板を利用した発光素子では、アセンブリが生産技術上不可能である。そのため、従来の青色LEDは、そのほとんどが図2のような構造であり、この構造のLEDはチップ側面より出ていく光を有効利用できず、高い順方向電圧のわりに、発光効率が低く、十分な輝度が得られないという問題があった。

【0005】したがって、本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであり、カップ等の反射板を必要とせず、窒化ガリウム系化合物半導体を利用した発光素子の側面から出る光を有効利用して観測面側に取りだすことができ、発光効率を向上させることができる青色LED等の発光ダイオードを製造できる発光ダイオードの製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る発光ダイオードの製造方法は、第1の主面と第2の主面を有するサ
ファイア基板と、該サファイア基板の第1の主面に積層された窒化ガリウム系化合物半導体層を有しかつ前記サ
ファイア基板の第2の主面を発光観測面とする発光素子を備えた発光ダイオードの製造方法において、窒化ガリ
ウム系化合物半導体層が形成されたウエハを、前記発光素子において前記サファイア基板の第2の主面と側面と
の成す角度が鋭角になるように、ダイシングで切断して個々の発光素子とする切断工程を含むことを特徴とす
る。この本発明に係る発光ダイオードの製造方法により製造された発光ダイオードでは、発光素子が少なくとも
透光性のサファイア基板と該サファイア基板に積層された窒化ガリウム系化合物半導体とからなり、前記発光素
子の側面がサファイア基板の鉛直方向より鋭角 θ で切断されたものとなる。また、前記発光ダイオードの製造方法ではさらに、前記発光素子をリードフレーム上に載置し、該発光素子をサファイアより小さい屈折率を有する樹脂でモールドする工程を含んでもよい。このようにすると、前記発光素子をリードフレーム上に載置して発光素子全体を樹脂モールドで封止された発光ダイオードを製造できる。

【0007】また、前記第2の主面と前記側面との成す角度は、特に限定されるものではないが、透光性のサファイア基板の屈折率、樹脂モールドの屈折率によって適宜変更することができる。窒化ガリウム系化合物半導体の発光をすべてサファイア基板側（発光観測面側）に全反射させるために、前記第2の主面と前記側面との成す角度を、前記サファイア基板の屈折率を n_1 、前記樹脂の屈折率を n_2 としたときに、 $\{\pi/2 - \sin^{-1}(n_2/n_1)\}$ 以下になるように設定することが好ましい。すなわち、本発明に係る発光ダイオードの製造方法では、前記第2の主面と前記側面との成す角度を、前記サファイア基板の屈折率を n_1 、前記樹脂の屈折率を n_2 としたときに、 $\{\pi/2 - \sin^{-1}(n_2/n_1)\}$ 以下になるように切断することが好ましい。また、この式により、全ての発光を発光素子側面で全反射させる場合、樹脂モールドの材料の屈折率がサファイア基板の屈折率よりも小さいものを選択することはいうまでもない。

【0008】また、本発明に係る発光ダイオードの製造方法では、前記切断工程において、刃先の中心線に対し
50

て両側に前記サファイア基板の下面と側面との成す角度に応じた傾斜を設けたブレードを用いてダイシングするようにしてもよい。

【0009】

【作用】図4は、本発明の一実施例に係る青色LEDにおいて、側面が鋭角 θ で切断された発光素子の構造を示す図である。また図3は、側面が垂直に切断された従来の発光素子の構造を示す図である。なおこれらの図は電極、リードフレームを省略して示している。図4に示すように、発光素子の側面を、透光性基板1の発光観測面側から、鋭角 θ で切断することにより、窒化ガリウム系化合物半導体より発する青色発光、特に発光素子側面近傍の青色発光を、透光性基板1で反射させて発光観測面に取り出し、有効利用することが可能となる。一方、前にも説明したように、図3に示す従来の発光素子は、透光性基板1内で全反射したり、発光素子の側面から出て行ってしまふ光が圧倒的に多い。なお、この図4は θ を臨界角以上としていないため、一部側面から出ていく光もあるが、 θ を前述の式に基づいて臨界角以上で切断することにより、全て観測面側に反射させることができるのは当然である。

【0010】このように、発光素子の側面を鋭角に切断することにより、青色発光を多く観測面に反射させることができるため、青色発光ダイオードの発光出力を向上させることができる。また、窒化ガリウム系化合物半導体を有する発光素子は、他のGaAs、GaP、AlInGaP等の材料を用いた発光素子と異なり、材料自体にへき開性を有していないため、斜めに切断しやすいという利点を有している。このため、窒化ガリウム系化合物半導体の発光素子の側面を斜めに切断して、その側面

【0011】

【実施例】予めサファイア基板の上にn型GaNとp型GaNとを順に積層した2インチφのウェハを用意し、p型GaN層の一部をエッチングして、n型GaN層を一部露出させる。次に、露出させたn型GaN層と、p型GaNとに所定の形状で電極を蒸着した後、サファイア基板に粘着テープを張り付ける。

【0012】一方、ウェハを斜めにカットするため、図5に示すように刃先の中心線に向かってそれぞれ両側*

*に30°の傾斜を設けたブレードを用意してダイシングソーにセットする。次に、前述のウェハをテーブルに貼付し、ダイシングでp型GaN層側からX軸をカットした後、テーブルを90°回転させ、今度はY軸をカットする。

【0013】最後にウェハをテーブルから剥し取り、チップ状に分離した後、チップをサファイア基板面が発光観測面になるようにして、リードフレームに取り付け、電極とリードフレームとを電氣的に接続した後、エポキシ樹脂でレンズ状にモールドすることにより、本発明の青色LEDを得る。

【0014】このようにして得た青色LEDは、順方向電圧5Vで、発光出力20μWを示した。一方、側面を垂直にカットしたチップよりなる従来の青色LEDは発光出力は10μWとほぼ半分しかなかった。

【0015】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のLEDはその発光素子の側面を斜めにカットしているために、窒化ガリウム系化合物半導体の発光を、その側面で反射させて透光性基板から有効に取り出すことができる。しかも従来のようにカップ状のリードフレームも必要とせず、生産性にも非常に優れている。また、リードフレームの他、支持体にはセラミック基板を使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の青色LEDに係る発光素子の側面の構造を一部拡大して示す断面図。

【図2】 従来の青色LEDの構造を示す断面図。

【図3】 従来の発光素子の構造を示す断面図。

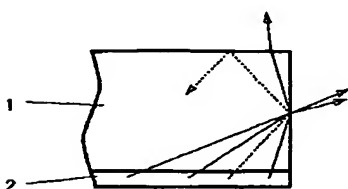
【図4】 本発明の一実施例に係る発光素子の構造を示す断面図。

【図5】 ダイシングソーのブレードの刃先角を示す断面図。

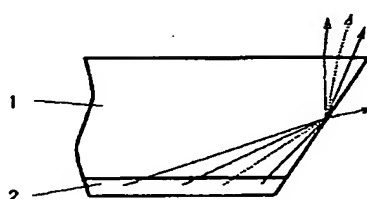
【符号の説明】

- 1・・・透光性基板
- 2・・・窒化ガリウム系化合物半導体
- 3・・・電極
- 4・・・リードフレーム
- 5・・・樹脂モールド

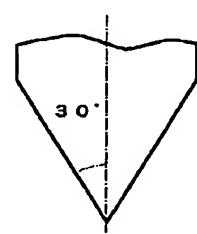
【図3】



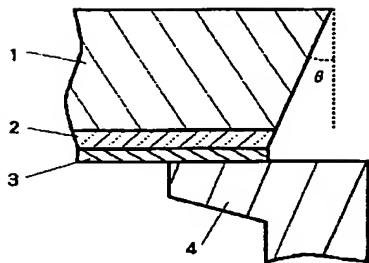
【図4】



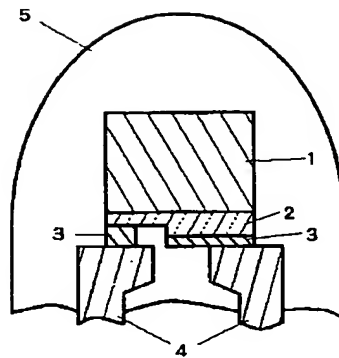
【図5】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, DB名)

H01L 33/00

JICSTファイル(JOIS)

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the light emitting diode (henceforth LED) which has the light emitting device by which the laminating of the gallium nitride system compound semiconductor was carried out on the translucency substrate, especially relates to the structure of the details of this light emitting device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, gallium nitride system compound semiconductors, such as GaN, InGaN, GaAlN, and InAlGa_N, are known as an ingredient of the light emitting device of blue LED. The structure of the conventional blue LED which has a light emitting device using these gallium nitride system compound semiconductor is shown in drawing 2. It is the resin mold which the electrode with which the gallium nitride system compound semiconductor (henceforth [1 and 2 are doubled and] a light emitting device in this specification) 3 with which 1 was used as the translucency substrate and the laminating of 2 was carried out on the translucency substrate 1 was formed in the suitable location on the gallium nitride system compound semiconductor 2, the leadframe in which 4 lays a light emitting device, and 5 close the whole light emitting device, and condenses luminescence from the gallium nitride system compound semiconductor 2. Oxide system single crystals, such as sapphire, a zinc oxide, and a magnesium oxide, can be used for the ingredient of the translucency substrate 1, and, generally sapphire is used. Moreover, transparency resin excellent in weatherability, such as an epoxy resin and a urea resin, is used for the resin mold 5. As shown in this drawing, that most is cut in the shape of a chip so that the end face of a light emitting device may become perpendicular, and the conventional blue LED has the structure laid in the leadframe, as the translucency substrate 1 side becomes a top face, i.e., a luminescence observation side.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the light emitting device of this structure, when the translucency substrate 1 is used as sapphire, there is usually hundreds of micrometers thickness of silicon on sapphire 1. On the other hand, the light which reaches the side face of silicon on sapphire 1 among full-blue luminescence which does not pass over the thickness of a gallium nitride system compound semiconductor to several [at most] micrometers, but is emitted from a gallium nitride system compound semiconductor is about 10 - 40% of the whole. And if the refractive index of sapphire is set to about 3 and an epoxy refractive index is set to about 1.5 when closure resin is used as an epoxy resin, the critical angle in the boundary of sapphire and an epoxy resin becomes about 30 degrees, and all of the light 30 degrees or less which carries out incidence to a side face are not left and used effectively from the side face of silicon on sapphire.

[0004] By the way, although there is also a method of reflecting in the upper part the light which lays a light emitting device in the bottom of the cup by making the configuration of a leadframe into the shape of a cup, and is left from a side face on a cup side face, if a leadframe is made into a cup configuration, an industrial-engineering top is impossible for an assembly at the gallium nitride system compound semiconductor light emitting device of structure which turns a translucency substrate up and turns an electrode down, i.e., the light emitting device using a translucency substrate. Therefore, the conventional blue LED was the structure [like drawing 2] whose most of that is, and LED of this structure could not use effectively the light left from a tip side side, but had the problem of high forward voltage that luminous efficiency was low comparatively and sufficient brightness was not obtained.

[0005] Therefore, this invention is accomplished in view of such a situation, and does not need reflecting plates, such as a cup, but the light which comes out from the side face of a

light emitting device in which the gallium nitride system compound semiconductor was used can be used effectively, and it can take out to an observation side side, and aims at offering the manufacture approach of light emitting diode that light emitting diodes, such as blue LED which can raise luminous efficiency, can be manufactured.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The silicon on sapphire in which the manufacture approach of the light emitting diode concerning this invention has the 1st principal plane and 2nd principal plane, In the manufacture approach of the light emitting diode equipped with the light emitting device which has the gallium nitride system compound semiconductor layer by which the laminating was carried out to the 1st principal plane of this silicon on sapphire, and makes the 2nd principal plane of said silicon on sapphire a luminescence observation side It is characterized by including the cutting process which cuts the wafer with which the gallium nitride system compound semiconductor layer was formed by dicing, and uses it as each light emitting device so that the include angle of the 2nd principal plane of said silicon on sapphire and a side face to accomplish may become an acute angle in said light emitting device. In the light emitting diode manufactured by the manufacture approach of the light emitting diode concerning this this invention, the light emitting device consisted of a gallium nitride system compound semiconductor by which the laminating was carried out at least to the silicon on sapphire and this silicon on sapphire of translucency, and the side face of said light emitting device was cut from the direction of a vertical of silicon on sapphire by the acute angle theta. Moreover, by the manufacture approach of said light emitting diode, further, said light emitting device may be laid on a leadframe, and the process which carries out the mold of this light emitting device by the resin which has a refractive index smaller than sapphire may be included. If it does in this way, the light emitting diode by which laid said light emitting device on the leadframe, and the closure was carried out by resin mold in the whole light emitting device can be manufactured.

[0007] Moreover, although especially the include angle of said 2nd principal plane and said side face to accomplish is not limited, it can be suitably changed with the refractive index of the silicon on sapphire of translucency, and the refractive index of resin mold. In order to carry out total reflection of all the luminescence of a gallium nitride system compound semiconductor to a silicon-on-sapphire side (luminescence observation side side), it is desirable to set up so that it may become [refractive index] below $\{\pi/2 - \sin^{-1}(n_2/n_1)\}$ about the refractive index of n_1 and said resin in the include angle of said 2nd principal plane and said side face to accomplish, when the refractive index of said silicon on sapphire is set to n_2 . That is, it is desirable to cut by the manufacture approach of the light emitting diode concerning this invention, so that it may become [refractive index] below $\{\pi/2 - \sin^{-1}(n_2/n_1)\}$ about the refractive index of n_1 and said resin in the include angle of said 2nd principal plane and said side face to accomplish, when the refractive index of said silicon on sapphire is set to n_2 . Moreover, when carrying out total reflection of all the luminescence on a light emitting device side face by this formula, it cannot be overemphasized that what has the refractive index of the ingredient of resin mold smaller than the refractive index of silicon on sapphire is chosen.

[0008] Moreover, in said cutting process, it may be made to carry out dicing to both sides by the manufacture approach of the light emitting diode concerning this invention using the blade which prepared the inclination according to the include angle of the inferior surface of tongue of said silicon on sapphire, and a side face to accomplish to the center line of the edge of a blade.

[0009]

[Function] Drawing 4 is drawing showing the structure of a light emitting device where the side face was cut by the acute angle theta in blue LED concerning one example of this invention. Moreover, drawing 3 is drawing showing the structure of the conventional light

emitting device where the side face was cut perpendicularly. In addition, these drawings omit and show the electrode and the leadframe. As shown in drawing 4, by cutting the side face of a light emitting device from the luminescence observation side side of the translucency substrate 1 by the acute angle θ , blue luminescence which emits from a gallium nitride system compound semiconductor, especially blue luminescence near the light emitting device side face are reflected with the translucency substrate 1, and it becomes possible to take out and use effectively for a luminescence observation side. As explained above on the other hand, the conventional light emitting device shown in drawing 3 has overwhelmingly much light which carries out [light] total reflection within the translucency substrate 1, or is left from the side face of a light emitting device. In addition, although there is also light left from a side face in part since this drawing 4 has not carried out θ to beyond a critical angle, naturally it can be made to reflect in an observation side side altogether by cutting θ based on the above-mentioned formula above a critical angle.

[0010] Thus, since many blue luminescence can be reflected in an observation side by cutting the side face of a light emitting device acutely, the radiant power output of blue light emitting diode can be raised. Moreover, since the light emitting device which has a gallium nitride system compound semiconductor does not have cleavage into the ingredient itself unlike the light emitting device which used ingredients, such as other GaAs(es), GaP, and AlInGaP, it has the advantage of being easy to cut aslant. For this reason, it is very important to cut aslant the side face of the light emitting device of a gallium nitride system compound semiconductor, and to reflect blue luminescence on that side face.

[0011]

[Example] Beforehand, on silicon on sapphire, the wafer of 2 inch ϕ which carried out the laminating of the n mold GaN and the p mold GaN to order is prepared, a part of p mold GaN layer is etched, and a part of n mold GaN layer is exposed. Next, adhesive tape is stuck on silicon on sapphire after vapor-depositing an electrode in a predetermined configuration in the exposed n mold GaN layer and the p mold GaN.

[0012] On the other hand, in order to cut a wafer aslant, the blade which established the 30-degree inclination in both sides toward the center line of the edge of a blade, respectively as shown in drawing 5 is prepared, and it sets to a dicing saw. Next, after sticking the above-mentioned wafer on a table and cutting the X-axis from a p mold GaN layer side by dicing, 90 degrees of tables are rotated and a Y-axis is cut shortly.

[0013] After attaching a chip in a leadframe as a silicon-on-sapphire side turns into a luminescence observation side after removing a wafer from a table finally and dissociating in the shape of a chip, and connecting an electrode and a leadframe electrically, blue LED of this invention is obtained by carrying out mold to the shape of a lens with an epoxy resin.

[0014] Thus, obtained blue LED is forward voltage 5V, and showed 20 microwatts of radiant power outputs. As for the conventional blue LED which consists of a chip which omitted the side face perpendicularly on the other hand, the radiant power output had only one half mostly with 10 microwatts.

[0015]

[Effect of the Invention] As explained above, since LED of this invention has omitted the side face of the light emitting device aslant, it makes it reflect on the side face, and can take out luminescence of a gallium nitride system compound semiconductor from a translucency substrate effectively. And a cup-like leadframe is not needed like before, either but it excels also in productivity very much. Moreover, a ceramic substrate can also be used for a base material besides a leadframe.